

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)

PCT

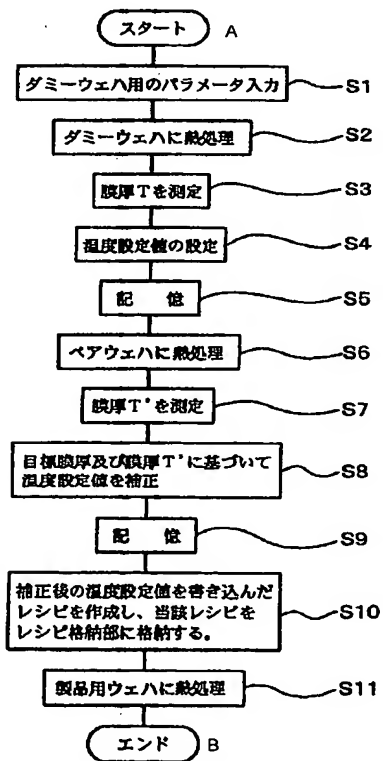
(10) 国際公開番号  
WO 2004/015750 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/205, 21/31 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010173 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 啓介 (SUZUKI, Keisuke) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 王文凌 (WANG, Wenling) [CN/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 米川 司 (YONEKAWA, Tsukasa) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 池内 俊之 (IKEUCHI, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 佐藤 享 (SATO, Toru) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP).  
(22) 国際出願日: 2003 年 8 月 8 日 (08.08.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-233513 2002 年 8 月 9 日 (09.08.2002) JP  
特願2003-124153 2003 年 4 月 28 日 (28.04.2003) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都 千代田区 丸の内三丁目 2 番 3 号 富士ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: HEAT TREATMENT METHOD AND HEAT TREATMENT APPARATUS

(54) 発明の名称: 熱処理方法及び熱処理装置



A...START  
S1...INPUT PARAMETER FOR DUMMY WAFER  
S2...CONDUCT HEAT TREATMENT OF DUMMY WAFER  
S3...SET MEASURE FILM THICKNESS T  
S4...TEMPERATURE PRESET VALUE  
S5...STORE  
S6...CONDUCT HEAT TREATMENT OF BARE WAFER  
S7... MEASURE FILM THICKNESS T'  
S8...CORRECT TEMPERATURE PRESET VALUE CONSIDERING TARGET FILM THICKNESS AND FILM THICKNESS T'  
S9...STORE  
S10...PREPARE RECIPE WHERE CORRECTED TEMPERATURE PRESET VALUE IS WRITTEN AND STORE RECIPE IN RECIPE STORAGE  
S11...CONDUCT HEAT TREATMENT OF PRODUCT SUBSTRATE  
B...END

(57) Abstract: A heat treatment method having a step wherein plural zones of a heat treatment atmosphere in a reactor are respectively heated by plural heating means and a step wherein a thin film is formed on surfaces of plural substrates by introducing a treatment gas into the reactor. The heat treatment steps include a first heat treatment step wherein plural first substrates, each of which consumes less treatment gas than a product substrate, are used; a first measuring step wherein the thickness of a thin film is measured in each zone; a first setting step wherein a temperature preset value is set in each heating means so that the thickness of each film reaches the target value; a second heat treatment step wherein the preset temperature is used for plural second substrates, each of which consumes more treatment gas than the first substrate; a second measuring step wherein the thickness of a thin film formed on a surface of the second substrate is measured in each zone; a second correcting step wherein the preset temperature set in each heating means is corrected; and a third heat treatment step wherein the heat treatment steps are conducted on plural product substrates using the corrected temperature preset value.

[続葉有]



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

---

(57) 要約:

本発明は、反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンを複数の加熱手段によってそれぞれ加熱する工程と、反応容器内に処理ガスを導入して複数の基板の表面に薄膜を形成する工程と、を有する熱処理方法に関し、該熱処理工程群が、

処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板を用いる第1熱処理工程と、ゾーン毎に薄膜の膜厚を測定する第1測定工程と、該膜厚の各々が目標値となるように、加熱手段の各々の温度設定値を設定する第1設定工程と、処理ガスの消費量が第1の基板よりも多い複数の第2の基板に対して前記温度設定値を用いる第2熱処理工程と、第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚を複数のゾーン毎に測定する第2測定工程と、複数の加熱手段の各々の前記温度設定値を補正する第2補正工程と、複数の製品基板に対して前記補正された各温度設定値を用いて前記熱処理工程群を実施する第3熱処理工程、を備えている。

## 明 細 書

## 熱処理方法及び熱処理装置

## 技 術 分 野

本発明は、半導体ウエハなどの基板を多数枚一括して熱処理するバッチ式の熱処理方法及び熱処理装置に関する。

## 背 景 技 術

半導体デバイスを製造する際には、半導体ウエハ（以下ウエハという）に対して酸化やCVD（chemical vapor deposition）などの熱処理が行われている。この熱処理を行なうバッチ式の熱処理装置として、縦型熱処理装置が知られている。この装置では、ウエハポートと呼ばれる保持具に多数枚のウエハが棚状に保持され、例えば縦型の熱処理炉内に前記保持具が例えば当該熱処理炉の下方側から搬入される。その後、熱処理炉内の雰囲気が所定の温度の加熱雰囲気とされて、熱処理が行われる。一般に、熱処理炉の被加熱ゾーンは上下に複数に分割され、各ゾーン毎に温度制御することができるよう、各ゾーン毎に加熱手段及び温度コントローラが設けられている。

図10は、縦型熱処理装置の一例としての酸化処理装置の縦断面図である。図中11は、下方側が開口する反応容器である。反応容器11の下端部には、酸化処理用のガス例えば酸素ガス及び塩化水素ガスを反応容器11内に供給するためのガス供給管12、13と、排気ポンプ14へと伸びる排気管15と、が接続されている。ガス供給管12、13は、反応容器11の内部にて上向きに立ち上がり、当該反応容器11の天井部近傍において開口し、そこから各ガスの供給を行うように配管されている。また図中16は、反応容器11の周囲に、例えば上下方向に分割して設けられている複数のヒータであり、17は、多数のウエハWを棚状に保持するウエハポートである。

図10の装置を用いた酸化処理の流れについて簡単に説明すれば、まず表面にシリコン層が形成された例えば140枚のウエハWが、ウエハポート17に移載

される。その後、ウェハボート 17 が反応容器 11 内に搬入される。この時、ウェハボート 17 の下端に設けられた蓋体 18 により、反応容器 11 の下端開口部 19 が気密に塞がれる。続いて、反応容器 11 内が所定の温度まで昇温されると共に、当該反応容器 11 内が微減圧状態に維持される。かかる状態で、反応容器 11 内に処理ガス例えば酸素ガスと塩化水素ガスとが供給されて、ウェハ W の表面が酸化されシリコン酸化膜が形成される。

上記酸化処理を行うにあたっては、前記シリコン酸化膜の膜厚をウェハ間で略均一とするように、予め各ヒータ 16 毎の温度設定値の合わせ込み作業が行われる（例えば日本国特開 2001-77041 号公報（請求項 1 及び段落 0003））。そして、図示しない温度制御部により、各ヒータ 16 が前記温度設定値に維持されるように、各ヒータ 16 毎に温度制御が行われる。

温度設定値の合わせ込み作業では、例えば、まずシリコン酸化膜が形成されているダミーウェハが、処理しようとする製品ウェハの配置レイアウトに応じたレイアウトでウェハボート 17 に保持される。そして、得られる酸化膜が概ね目標とする膜厚となるように、所定の温度設定値にて熱処理（酸化処理）が行われる。そして、例えば熱処理雰囲気ゾーン毎にシリコン酸化膜の膜厚が測定され、例えば予め求められている膜厚の変化分と各ヒータ 16 毎の温度設定値の変化分との関係に基づいて計算が行われ、温度設定値が補正される。

一度の補正で膜厚プロファイルがフラットにならなかった場合には、目標膜厚の誤差範囲内に収まるまで、上記の補正（合わせ込み作業）が繰り返し行われる。

ところで、本発明者は、反応容器内を減圧雰囲気とし、この反応容器内に水素ガスと酸素ガスを所定の流量比で導入すると共に例えば 1000℃程度で加熱することによりオラジカル及び OH ラジカルを含む活性種を生成し、これらのラジカルによってウェハ上に酸化膜を成膜する方法を検討している。この方法によれば、ドライ酸化やウェット酸化に比べて酸化力が強いため、良好な膜質の酸化膜が得られる。

一方、前記公報には、製品ウェハを温度の合わせ込みに用いることが記載されている。しかし、温度の合わせ込み作業は、複数回の熱処理を伴うものであるので、製品ウェハを用いると、特に大口径のウェハの場合、コストの負担が大きく

なり得策ではない。このため温度の合わせ込み作業には、通常ダミーウエハが用いられる。

しかしながら、上述のようにラジカルを用いる酸化処理においては、ダミーウエハを用いて温度設定値の合わせ込みが行われても、製品ウエハに形成される酸化膜の膜厚の面間均一性が悪く、特に処理ガスの上流側に位置するウエハよりも下流側に位置するウエハの膜厚の方が薄くなる傾向（ローディング効果）があった。

図11は、このローディング効果を把握するための実験結果である。各ゾーンのヒータ16の温度設定値は、膜厚についてある程度の面間均一性が得られると予測される値に合わせ込まれた。そして、ウエハポート17にウエハWが満載された。全てのウエハWがダミーウエハであった場合、表面にトレンチ構造を有するウエハ（トレンチウエハ）が22枚搭載された場合、及び、トレンチウエハが39枚搭載された場合の3通りについて、各々同条件でラジカルによる酸化処理が行われ、各々の膜厚プロファイルが測定された。◆は、全てのウエハがダミーウエハであった場合の結果、▲は、22枚のトレンチウエハが用いられた場合の結果、■は、39枚のトレンチウエハが用いられた場合の結果に対応している。

これらの結果から分かるように、十分に厚い酸化膜が形成されているダミーウエハについては、下流側のウエハの膜厚が多少薄くなる傾向は見られるものの、面間均一性はそれ程悪くない。しかし、トレンチウエハが用いられた場合には、下流側に位置するウエハの膜厚が薄くなる傾向が強く、トレンチウエハの枚数が増えるにつれて、その傾向はより強い。

この原因について、本発明者は次のように考えている。即ち、溝の深いパターン（トレンチ）を有するウエハ（トレンチウエハ）は表面積が大きいため、ラジカルの消費量が多いと推測される。これに対して、ダミーウエハはパターンのない平坦な表面に厚い酸化膜が形成されているため、この酸化膜表面でのラジカルの消費量はトレンチウエハに比べて少ないと推測される。

一方、処理ガスの流量を増加させると、各基板における膜厚の面内均一性が低下してしまうし、また、反応容器11内の圧力が増加し、これによりラジカルが失活し易くなってそのライフタイムが短くなってしまう。従って流量をそれ程大

きく設定することはできない。従って、ラジカルを用いた酸化処理においては、従来の手法ではローディング効果の影響を受けてしまい、酸化膜の膜質について高い面間均一性を確保することが困難である。

更にまた、製品ウエハの配置レイアウトに応じて温度などの処理条件を決めるようにすると、処理条件の設定作業が面倒である。また、熱処理時にウエハボートに搭載する製品ウエハの枚数や配置レイアウトに応じて処理条件、例えば反応容器の各ゾーンの温度、圧力、ガス流量、処理時間などを設定すると、オペレーションミスが起こりやすいという問題もある。

### 発 明 の 要 旨

本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、複数の基板に対する熱処理を一括して行って各基板の表面に薄膜を形成するにあたり、当該薄膜の膜厚について面間均一性を向上させることができる技術を提供することにある。また本発明の他の目的は、熱処理する製品枚数に依存せずに同様の処理結果を得ることができ、しかもオペレータの負担の少ない技術を提供することにある。

本発明は、

複数の基板を基板保持具に保持する工程と、

前記基板保持具を反応容器内に搬入する工程と、

前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンを、複数の加熱手段によってそれぞれ加熱する工程と、

前記反応容器内に処理ガスを導入して前記複数の基板の表面に薄膜を形成する工程と、

を有する熱処理工程群を含む熱処理方法において、

前記複数の基板として、薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板を用いて、前記熱処理工程群を実施する第1熱処理工程と、

前記第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚を、前記反応容器内の熱処理雰囲気の複数のゾーン毎に測定する第1測定工程と、

前記第 1 測定工程での測定結果に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する第 1 設定工程と、

前記複数の基板として、薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第 1 の基板よりも多い複数の第 2 の基板を用いて、かつ、前記加熱手段の各々を前記第 1 設定工程で設定された各温度設定値として、前記熱処理工程群を実施する第 2 熱処理工程と、

前記第 2 の基板の表面に形成された薄膜の膜厚を、前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーン毎に測定する第 2 測定工程と、

前記第 2 測定工程での測定結果に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する第 2 補正工程と、

前記複数の基板として少なくとも複数の製品基板を用いて、かつ、前記加熱手段の各々を前記第 2 補正工程で補正された各温度設定値として、前記熱処理工程群を実施する第 3 熱処理工程と、  
を備えたことを特徴とする熱処理方法である。

ここで、反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンとは、物理的に区画されている訳ではなく、ゾーン間の境界もはっきりしていなくてよい。要するに、各加熱手段が、加熱を受け持つゾーン毎に対応して設けられているということである。

また、薄膜の膜厚の測定に関しては、第 1 の基板乃至第 2 の基板上の薄膜の膜厚を直接的に測定する他に、複数の第 1 の基板乃至第 2 の基板の一部を測定用のモニタ基板に置換して熱処理を行い当該モニタ基板上に形成された薄膜の膜厚をもって、第 1 の基板乃至第 2 の基板上の薄膜の膜厚とする態様も含む。後者の場合、モニタ基板は、一定間隔で配置されることが好ましい。

本発明によれば、製品基板よりも処理ガスの消費量が少ない第 1 の基板を利用して熱処理時の温度設定値が設定され、第 1 の基板よりも処理ガスの消費量が多い第 2 の基板を利用して前記温度設定値が補正されるため、ローディング効果

(処理ガスの上流側の基板が処理ガスを消費することで、処理ガスの下流側の基板に形成される薄膜の膜厚が薄くなってしまう現象)が存在する場合であっても、

ローディング効果によって生じ得る目標膜厚との差分が温度設定値の補正により相殺され得る。このため、補正後の温度設定値を用いて行われる熱処理では、ゾーン間の製品基板上の薄膜の膜厚について高い均一性を得ることができる。

好ましくは、前記第1設定工程及び前記第2補正工程は、それぞれ、予め求めておいた温度設定値の変化量と薄膜の膜厚の変化量との関係に基づいて行われ得る。

また、例えば、前記熱処理工程群において、前記処理ガスが活性化されて活性種が生成され、当該活性種によって基板の表面にシリコン酸化膜のような酸化膜が形成され得る。この場合、例えば、前記処理ガスは、水素ガス及び酸素ガスを含む。この場合、前記第1の基板は、予め平均膜厚で50nm以上の酸化膜が形成されている基板であることが好ましい。また、この場合、前記第2の基板は、ベアシリコン基板であることが好ましい。

あるいは、例えば、前記熱処理工程群において、化学蒸着法により基板の表面に薄膜が形成され得る。この場合、前記第1の基板は、表面にパターンの形成されていない基板であり、前記第2の基板は、表面にパターンが形成されている基板であることが好ましい。

一般的には、前記第1熱処理工程では、基板保持具における被処理基板の保持領域に第1の基板が満載され、前記第2熱処理工程では、基板保持具における被処理基板の保持領域に第2の基板が満載され得る。

前記第3熱処理工程では、基板保持具における被処理基板の保持領域に製品基板が満載されてもよいが、より少ない枚数の製品基板のみが搭載されてもよい。後者の場合には、基板保持具における被処理基板の保持領域中、反応容器内に導入される処理ガスの流れの上流側の一部に製品基板が搭載され、下流側の残部には第1の基板が搭載されることが好ましい。この場合、1バッチで処理する製品枚数が何枚であっても、同様の熱処理結果を得ることができる。しかも、反応容器内の各ゾーンの温度設定値は共通であるから、オペレータの負担が軽減され、温度の設定ミスを防止できる。

なお、前記第2熱処理工程と前記第3熱処理工程とは、反応容器内の圧力、処理ガスの流量及び熱処理時間が共通であり得る。



また、本発明は、  
複数の基板を保持する基板保持具と、  
前記基板保持具が搬入される反応容器と、  
前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンをそれぞれ加熱する複数の加熱手段と、

熱処理により前記複数の基板の表面に薄膜を形成するための処理ガスを前記反応容器内に導入する処理ガス導入手段と、

薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板に対して熱処理を実施し、当該第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する温度設定部と、

温度設定部で設定された各温度設定値に従って薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第1の基板よりも多い複数の第2の基板に対して熱処理を実施し、当該第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する温度補正部と、

温度補正部で補正された各温度設定値に従って少なくとも複数の製品基板に対して熱処理を実施する製品基板熱処理部と、  
を備えたことを特徴とする熱処理装置である。

例えば、複数の第1の基板に対して熱処理が実施される際には、基板保持具における被処理基板の保持領域に第1の基板が満載され、複数の第2の基板に対して熱処理が実施される際には、基板保持具における被処理基板の保持領域に第2の基板が満載され得る。

好ましくは、熱処理装置は基板を基板保持部に移載するための基板移載手段を更に備え、前記製品基板熱処理部は、少なくとも複数の製品基板に対して熱処理が実施される際において、基板保持具における被処理基板の保持領域中、反応容器内に導入される処理ガスの流れの上流側の一部に製品基板が搭載され、下流側の残部に第1の基板が搭載されるように、前記基板移載手段を制御するようにな

っている。

また、好ましくは、前記製品基板熱処理部は、製品基板の枚数を判別する判別部を有している。

あるいは、本発明は、複数の基板を保持する基板保持具と、前記基板保持具が搬入される反応容器と、前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンをそれぞれ加熱する複数の加熱手段と、前記反応容器内に処理ガスを導入して前記複数の基板の表面に薄膜を形成する処理ガス導入手段と、を備えた熱処理装置のために利用される制御装置であって、

薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板に対して熱処理を実施し、当該第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する温度設定部と、

温度設定プログラムで設定された各温度設定値に従って薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第1の基板よりも多い複数の第2の基板に対して熱処理を実施し、当該第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する温度補正部と、

を備えたことを特徴とする制御装置である。

あるいは、本発明は、複数の基板を保持する基板保持具と、前記基板保持具が搬入される反応容器と、前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンをそれぞれ加熱する複数の加熱手段と、前記反応容器内に処理ガスを導入して前記複数の基板の表面に薄膜を形成する処理ガス導入手段と、を備えた熱処理装置のために利用される制御プログラムであって、

薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板に対して行われた熱処理により当該第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定

値を設定する温度設定プログラムと、

温度設定プログラムで設定された各温度設定値に従って薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第 1 の基板よりも多い複数の第 2 の基板に対して行われた熱処理により当該第 2 の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する温度補正プログラムと、

を備えたことを特徴とする制御プログラムである。

### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に係る熱処理装置の一実施の形態における加熱炉及びその周辺を示す縦断面図である。

図 2 は、前記熱処理装置における制御部と、加熱炉及びその他の装置との接続状況を示す概略説明図である。

図 3 は、制御部の構成を説明するためのブロック図である。

図 4 は、本実施の形態の作用を説明するための工程図である。

図 5 は、本実施の形態による温度の合わせ込みの様子を膜厚とウエハの保持位置との関係により示す特性図である。

図 6 は、本発明の他の実施の形態を示す説明図である。

図 7 は、本実施の形態による温度の合わせ込みの様子を膜厚とウエハの保持位置との関係により示す特性図である。

図 8 は、本実施の形態により熱処理したウエハの保持位置と膜厚との関係を示す特性図である。

図 9 は、比較例により熱処理したウエハの保持位置と膜厚との関係を示す特性図である。

図 10 は、従来の縦型熱処理装置を示す概略縦断面図である。

図 11 は、発明が解決しようとする課題を説明するための特性図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施の形態として、縦型熱処理装置である酸化処理装置を説明する。図1は、本実施の形態の酸化処理装置を示す縦断面図である。縦型の加熱炉21が、例えば天井部を塞がれた筒状の断熱体22と、この断熱体22の内壁面に沿って周方向に設けられた加熱手段をなす例えば抵抗発熱体からなるヒータ2と、を有している。加熱炉21の下端部は、ベース体23に固定されている。ヒータ2は上下方向の複数のゾーン毎に別個に加熱制御できるように、例えば4段（ヒータ2a, 2b, 2c, 2d）に分割されている。また加熱炉21の中には、反応容器を構成し、上端のみ閉塞されると共に、その内部に熱処理雰囲気が形成される縦型の例えば石英よりなる反応管24が設けられている。この反応管24は、例えば筒状の断熱部材25を介して、ベース体23に固定されている。

反応管24の下端近傍には、バルブV1を介して排気ポンプ26aへと配管される排気管26と、第1のガス供給管27と、第2のガス供給管28と、が接続されている。第1のガス供給管27は、一端がバルブV2を介して第1の処理ガス例えば酸素（ $O_2$ ）ガスの供給を行う第1の処理ガス供給源27aと接続されている。なお、第1のガス供給管27は、バルブV2の下流側にて2本（第1のガス供給管27b, 27c）に分岐されている。第2のガス供給管28は、一端がバルブV3を介して第2の処理ガス例えば水素（ $H_2$ ）ガスの供給を行う第2の処理ガス供給源28aと接続されている。第2のガス供給管28は、バルブV3の下流側にて2本（第2のガス供給管28b, 28c）に分岐されている。そして、第1のガス供給管27b及び27cと第2のガス供給管28b及び28cとの他端側は、断熱部材25を外から貫通して配管されている。第1のガス供給管27bと第2のガス供給管28bとは、反応管24の内部にて垂直上方向きに立ち上げられ、それらの先端は当該反応管24の天井部近傍に位置している。本実施の形態の第1のガス供給管27b及び第2のガス供給管28bの先端部は、反応管24の中心部付近で天井部に向けて処理ガスを吹き付けるように、屈曲して設けられている。第1のガス供給管27c及び第2のガス供給管28cの先端は、後述するウエハポート3が反応管24内に搬入されたときの当該ウエハポート3の基板保持領域の下方側に処理ガスを供給できるように、反応管24の下部に位置している。また、図中27d, 27e, 28d, 28eは、例えばマスフ

ローコントローラよりなる流量調節手段である。

更に、この酸化処理装置は、基板であるウエハWの保持具であるウエハポート3を備えている。ウエハポート3は、例えば、天板31及び底板32の間に複数の支柱33を有しており、支柱33に形成された図示しない溝によってウエハWの周縁を棚状に保持するように構成されている。ウエハポート3は、反応管24の下端の開口部24aを開閉する蓋体34の上に保温筒35を介して載置されている。蓋体34は、ポートエレベータ30上に設けられている。このポートエレベータ30が昇降することにより、加熱炉21（反応管24）へのウエハポート3の搬入出が行われる。なお、例えばポートエレベータ30にモータなどの回転機構が設けられ、プロセス中にこの回転機構によりウエハポート3が鉛直軸回りに回転されるようになっていてもよい。

次いで、図2を参照しながら、上述の構成要素と制御系との関係について説明する。図中4は制御部であり、各ヒータ2（2a～2d）をコントロールするための温度コントローラ5（5a，5b，5c，5d）と接続されている。これにより、制御部4は熱処理雰囲気構成する各ゾーンの温度制御を行うようになっている。更に制御部4は、移載コントローラ51を介して図示しないウエハ移載手段の制御を行う機能を備えている。ここでウエハ移載手段とは、ウエハポート3に対してウエハWの受け渡しを行うウエハアームのみならず、ウエハアームのアクセス位置にウエハカセットを搬送する図示しないカセット移載機などをも含む。本実施の形態における縦型熱処理装置では、カセットC内に製品ウエハW3が用意されることに加えて、ヒータ2（2a～2d）の温度設定値の調整（合わせ込み）作業を行うために、ダミーウエハW1及びベアウエハW2をもカセットC内に用意される。これらウエハW（W1，W2，W3）が、ウエハ移載手段により、ウエハポート3に移載されることとなる。

更にまた、例えば縦型熱処理装置の近くには、ウエハWの膜厚を測定する膜厚測定部6が設けられている。制御部4は、この膜厚測定部6とも接続されている。膜厚測定部6は、後述する各ヒータ2（2a～2d）の温度設定値の合わせ込み作業において、例えばダミーウエハW1及びベアウエハW2の夫々の表面に形成された薄膜の膜厚を測定し、その測定値を制御部4に送信するように構成されて

いる。

ここで特許請求の範囲に記載された文言との対応について説明すれば、ダミーウエハW1は製品ウエハよりも処理ガス（この例ではラジカル）の消費量の少ない第1の基板に相当し、パターンが形成されていない平坦な表面に、既述のローディング効果の影響が殆ど見られない程度に十分な厚さのシリコン酸化膜が形成されたものである。ベアウエハW2は処理ガス（この例ではラジカル）の消費量が第1の基板よりも多い第2の基板に相当し、パターンが形成されていない平坦な表面にシリコンが露出しているウエハである。

次に、制御部4の構成を説明する。図3に示すように、温度コントローラ5（5a～5d）、移載コントローラ51及び膜厚測定部6は、制御部4内のCPU41からの制御信号に従って、各制御対象のコントロールを行うように構成されている。また、制御部4内では、バス40に、入力部42、レシピ格納部43、プログラム格納部44及び記憶部45が夫々接続されている。

入力部42は、例えば酸化処理におけるパラメータの入力や、レシピ格納部43内に格納されているレシピの選択を行うためのものであり、例えば装置前面に設けられるタッチパネルやキー操作部等により構成される。

レシピ格納部43には、ウエハの種類、ウエハボート3に積載するウエハの枚数、及び／または、その配置レイアウト等に応じて、ウエハに形成する薄膜の目標膜厚、処理ガスの流量、及び圧力等を記録したレシピが予め多数用意されている。

プログラム格納部44には、ダミーウエハW1を用いて酸化処理を行った後に、反応管24内における熱処理雰囲気各ゾーンのダミーウエハW1の膜厚が製品ウエハW3の目標膜厚とほぼ同じ値になるように、各ヒータ2（2a～2d）の温度設定値の設定を行う第1のプログラムと、この第1のプログラムにより設定した温度設定値に基づいてベアウエハW2に対する酸化処理を行った後に、前記各ゾーンのベアウエハW2の膜厚と製品ウエハW3の目標膜厚とに基づいて前記温度設定値の補正を行う第2のプログラムと、補正後の温度設定値を用いて製品ウエハW3に対する熱処理を行うための第3のプログラムと、が格納されている。

記憶部45は、膜厚測定部6により得られたヒータ2a～2dに対応する各ゾ

ーンのウエハ表面の酸化膜の膜厚や、温度設定値等を記憶するためのものである。

なお、レシピ格納部 4 3、プログラム格納部 4 4 及び記憶部 4 5 は、実際は、いずれも例えば半導体メモリやハードディスクといったコンピュータ用の記憶媒体によって実現されるものであるが、図 3 では便宜上ブロックで表されている。

次に、図 4 に示す工程図を参照しながら、本実施の形態の作用について説明を行う。

最初に、ステップ S 1 に示すように、入力部 4 2 においてダミーウエハ（第 1 の基板）W 1 を用いた酸化処理に必要なパラメータが入力される。このステップ S 1 では、これから酸化処理を行う製品ウエハ用のレシピ（例えばガス流量、反応管 2 4 内の圧力及び処理時間等）と同じパラメータの入力がなされる。ステップ S 1 での入力作業では、オペレータが、各種パラメータを一つずつ入力してもよいし、予め用意されたレシピをレシピ格納部 4 3 から選択するようにしてもよい。

パラメータの入力後、例えば入力部 4 2 における操作により、ダミーウエハ W 1 に対する酸化処理が開始される（ステップ S 2）。この酸化処理は、第 1 のプログラムにより実施される。後述するように、他のウエハ（ベアウエハ W 2 及び製品ウエハ W 3）を用いる処理においても、温度設定値を除く酸化処理のパラメータ、及び、ウエハポート 3 に移載するウエハの配置レイアウトは、共通に設定される。従って、これらの条件は、第 2 及び第 3 のプログラムにおいてもそのまま用いられる。なお、ウエハの配置レイアウトが共通とは、ウエハの枚数とウエハポート 3 上の保持溝（スロット）の番号（何段目の保持溝であるという番号）とが完全に同じ場合に限られず、例えばあるレシピで熱処理を行うときに良好な面間均一性が得られるレイアウトであればよい。

ウエハの配置レイアウトについては、例えば製品ウエハをフルバッチで処理しようとする場合、即ち、ウエハポート 3 における製品ウエハの保持領域に製品ウエハを満載して処理しようとする場合には、当該製品ウエハの保持領域にダミーウエハ W 1 が満載される。

なお本発明は、ウエハポート 3 にウエハを隙間なく搭載する態様に限られるものではなく、例えば製品ウエハの保持領域に空き領域が残存するように製品ウエ

ハを保持する場合にも適用できる。

次いで、ダミーウエハW1に対して酸化処理が行われる。この工程の流れについて簡単に説明する。

先ず、図示しないウエハ移載手段により、ウエハポート3に対して設定された配置レイアウトに従って、ダミーウエハWが移載される。これにより、ダミーウエハW1がウエハポート3に上下方向に棚状に保持される。その後、ウエハポート3が反応容器内に搬入される。

そして、反応管24内の圧力が所定の真空度まで減圧されると共に熱処理雰囲気各ヒータ2（2a～2d）によりゾーン毎に設定温度となるまで昇温される。そして、反応管24内にO<sub>2</sub>（酸素）ガス及びH<sub>2</sub>（水素）ガスが供給され、反応管24内が例えば0.35 Torr（約46.6 Pa）となるように維持される。熱処理雰囲気の温度は、例えば概ね1000℃程度とされる。また、O<sub>2</sub>ガス及びH<sub>2</sub>ガスの流量については、例えばO<sub>2</sub>：H<sub>2</sub>＝9：1となるように調節される。各流量調節手段27d, 27e, 28d, 28eによって第1のガス供給管27b, 27c及び第2のガス供給管28b, 28cの夫々の流量が調整される。ここでは、反応管24の天井部にまで延びる第1のガス供給管27b及び第2のガス供給管28bからのみ、ガスの供給が行われる。この場合、ウエハポート3の上方から供給されるO<sub>2</sub>ガス及びH<sub>2</sub>ガスは、減圧高温下において活性化され、例えばOラジカルやOHラジカル等の活性種となって下方側へと向かう。これに伴い、各ウエハの表面にて酸化反応が進行していく。

以上のような酸化処理が終了すると、ダミーウエハW1が縦型熱処理装置から搬出され、膜厚測定部6へと搬送される。そして、ステップS3に示すように、膜厚測定部6にてダミーウエハW1上の膜厚が測定される。ここでは、便宜上、ダミーウエハW1が満載されて、ダミーウエハW1自体の膜厚が測定されるものとしているが、現実には、ダミーウエハW1は既に酸化膜が形成されているので、その上に形成された酸化膜の膜厚を測定できないこともあり得る。その場合には、ダミーウエハW1の配列群のなかに所定の間隔で設定されたモニタウエハ保持領域にモニタ基板である例えばベアウエハからなるモニタウエハが保持され、当該ベアウエハ上の膜厚が測定され、その膜厚がダミーウエハW1の膜厚測定値とし



て取り扱われ得る。このようにモニタウエハが配置されていても、その他の保持領域にダミーウエハW1が満載されていれば、実質的には、ダミーウエハW1が保持領域に満載されている状況に等しいということになる。

膜厚測定は、例えば各ヒータ2a～2dが対応する熱処理雰囲気の各ゾーン毎に行われる。例えば、各ゾーン毎に一枚ずつ計4枚分の膜厚が測定されたとすると、これらの膜厚T (T1, T2, T3, T4 : 各ゾーンに対応するダミーウエハW1の膜厚) のデータは制御部4へと送られる。そして、第1のプログラムによって、膜厚T1～T4がいずれも製品ウエハにおける目標膜厚の誤差範囲内にあるか否か判断される。

いずれの膜厚も前記誤差範囲内に収まっていれば、今回の熱処理にて用いられた各ヒータ2 (2a～2d) の温度設定値は変更されない。一方、膜厚T1～T4のいずれかが前記目標膜厚から所定量以上外れていれば、これら膜厚T1～T4が目標膜厚とほぼ同じになるように、温度設定値の調整が行われる (ステップS4)。

温度設定値の調整については、予め求められた膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係に基づいて、膜厚の測定値を目標膜厚にほぼ等しくするためには温度設定値を現在の値からどれだけ変化させればよいかが計算される。これにより、今回の処理条件において目標膜厚を実現するための適正な温度設定値が算出される。なお、第1のプログラムにて用いられる「膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係」としては、例えば測定した膜厚の値に対応して、温度設定値を1℃上げることで膜厚が何nm増減する、といったように温度と膜厚変化量とを対応させたテーブル等が用いられる。具体的には、例えば温度設定値y1のとき膜厚の測定値がx1、目標膜厚がx0、膜厚の変化分と温度の変化分との関係が $\Delta y / \Delta x$ であるとする、温度設定値は $y1 + (x0 - x1) \cdot \Delta y / \Delta x$ となる。

以上のように、ダミーウエハW1を用いた酸化処理を利用して適正な温度設定値が算出されると、ステップS5に示すように、当該温度設定値が記憶部45に記憶される。これにより、温度設定値の設定が終了する。ここで図5は、酸化処理後のウエハの膜厚プロファイルを示す特性図である。縦軸が膜厚、横軸がウエハポート3におけるウエハスロットの位置を示している。横軸における1段目

(左端) が最上段であり、140段目(右端) が最下段である。この図5中、◆にて示された膜厚プロファイルは、このステップS5で設定された温度設定値を用い、目標膜厚を14.7nmとして、ダミーウエハW1による酸化処理を行ったときの膜厚プロファイルである。この場合、いずれのゾーンでも酸化膜の膜厚が目標膜厚とほぼ同じになるように各ヒータ2(2a~2d)の温度設定値が設定されていることが分かる。

以上のようにダミーウエハW1を用いた温度設定作業が行われた後、ウエハボート3における製品ウエハW3の保持領域に、第2の基板であるベアウエハW2が移載され、ステップS6に示す酸化処理が行われる。ここでは、先程記憶した新しい各ヒータ2(2a~2d)の温度設定値が用いられる。温度設定値以外の条件については、ステップS2の酸化処理と同条件である。

酸化処理が終了するとベアウエハW2が縦型熱処理装置から搬出され、膜厚測定部6へと搬送される。そして、ステップS7に示すように、ベアウエハ2上の膜厚が測定される。これにより、膜厚 $T'$ ( $T1'$ ,  $T2'$ ,  $T3'$ ,  $T4'$ : 各ゾーンに対応するベアウエハの膜厚)が得られる。ベアウエハW2は、表面全体にシリコンが露出しているため、ラジカル消費量が多い。従って、処理ガスの下流側には十分な量のラジカルが供給されない。このため、ダミーウエハW1を用いて得られた温度設定値により酸化処理が行われても、膜厚プロファイルは目標膜厚近傍でフラットにならない。例えば目標膜厚を14.7nmとすると、図5に◇にて示すように、その膜厚プロファイルは右下がりとなり、最大で0.7~1.0nm程度膜厚が薄くなる。

このように膜厚 $T'$ が得られると、第2のプログラムにより、ステップS8に示す温度設定値の補正が行われる。即ち、ベアウエハW2のように既述のローディング効果を生じ易い種類のウエハを用いたときに膜厚プロファイルが目標膜厚とほぼ同じに(フラットに)なるように、温度設定値の補正が行われる。

この補正について、図5を用いて具体的に説明する。

ステップS7が終了した時点で、各ヒータ2(2a~2d)に対応する各ゾーンの目標膜厚はいずれも例えば概ね14.7nmとされている。しかし、実際には、図5に示すように、各膜厚 $T1'$ ~ $T4'$ は目標膜厚よりも低い膜厚となっ

ており、更に、各膜厚 $T1'$ ～ $T4'$ と目標膜厚との膜厚差は夫々異なる。既述のように、図5に◆にて示された膜厚プロファイルは、ラジカル消費が少ないダミーウエハW1を用いたときのダミーウエハ上の酸化膜のものである。また、◇にて示された膜厚プロファイルは、上記のようにラジカル消費の多いベアウエハW2を用いたときのベアウエハ上の酸化膜のものである。前者では、ローディング効果が全くないか、或いは、殆どない。後者では、ローディング効果が大きい。即ち、図中の◆と◇との差は、両者のローディング効果に基づく膜厚差である。

そこで、第2のプログラムは、上述したローディング効果に基づく膜厚差を相殺するために、各ゾーンにおける目標膜厚を、例えば現在の目標膜厚と膜厚 $T'$ との差の分だけ厚くするように、即ち、例えばダミーウエハW1上の酸化膜について図5中に△にて示す膜厚プロファイルが得られるように、各ヒータ2（2a～2d）の温度設定値を決定する（補正する）。この温度設定値の決定に際しては、既述のように予め求められた膜厚の変化分と温度設定値の変化分との関係を用いて、ゾーン毎（ヒータ毎）の夫々の温度設定値が算出される。

そして、ステップS9に示すように、補正後の温度設定値が記憶部45に記憶される。

しかる後、ステップS10に示すように、例えばステップS1にて設定された酸化処理の条件における温度設定値として、ステップS8にて補正された温度設定値がレシピに書き込まれ、当該レシピがレシピ格納部43内に格納される。

その後、このレシピを用いて、製品ウエハに対して同様の酸化処理を行う（ステップS11）。

以上のように本実施の形態によれば、ウエハに対する酸化処理（熱処理）をバッチ式で行って各ウエハの表面に酸化膜を形成するにあたり、ローディング効果（ウエハ上の酸化膜がラジカルを消費することで生じる下流側のウエハ上の酸化膜の膜厚が薄くなる現象）が全くないか、或いは殆どないダミーウエハW1を用いて温度設定値の合わせ込みが行われ、次いでローディング効果があるベアウエハW2を用いてローディング効果による目標膜厚からの膜厚の減少量が求められ、この膜厚の減少量つまりローディング効果による膜厚差を補償するように温度設

定値が高められる。従って、このように設定された温度設定値を用いて製品ウエハW3に対して酸化処理を行うと、ローディング効果が相殺されて、ウエハ上の酸化膜の膜厚についてゾーン間で高い均一性が得られる。

また、ローディング効果がないか或いは殆どないダミーウエハW1を用いた酸化処理を利用して温度設定値が合わせ込まれ、しかる後にローディング効果が現れるベアウエハW2を用いた酸化処理を利用してローディング効果による膜厚の目標膜厚からのずれ量が求められ、このずれ量に応じて再度温度設定値が調整されるので、例えば製品ウエハW3を用いて試行錯誤で温度設定値が合わせ込まれる場合に比べて、温度設定値の合わせ込み作業が容易である。

なお、本実施の形態において用いられるベアウエハは、製品ウエハに見立てて用いられるものである。このため、製品ウエハと同様に処理ガスを消費するウエハであれば、パターンが有ってもよいし、パターンの形状も限定されない。例えば、製品ウエハが、予め表面にパターンの形成されているものであるならば、ベアウエハに代えて製品ウエハそのもの、或いは、同様のパターンが形成されたウエハを用いてもよい。

ところで、最近では、ウエハは小ロット多品種で生産される傾向にある。このため、製品ウエハ枚数がウエハボートの最大製品ウエハ搭載枚数に満たない状態で製品ウエハの熱処理をすることもある。このような場合に好適な実施の形態について説明する。この実施の形態においても、先の実施の形態と同様に、図4に示す各ステップS1～S10が行われる。すなわち、ウエハボート3における製品ウエハの保持領域に第1の基板であるダミーウエハW1が満載された状態で、図4のステップS2におけるダミーウエハW1の熱処理が行われ、また、前記保持領域に第2の基板であるベアウエハW2が満載された状態で、図4のステップS6におけるベアウエハW2の熱処理が行われる。

図6は、当該実施の形態を示す図である。設定された温度設定値、即ち、図4に示すステップS8にて補正された温度設定値が制御部4の図示しない記憶部に格納される。そして、製品ウエハW3に対して熱処理が行われる場合には、制御部4が1バッチで行う製品ウエハW3の枚数を判断する。この判断は、例えば、前工程を実施したステーションのコンピュータからオンラインで送られてくる枚

数情報、あるいは、熱処理装置に設けられたマッピングセンサからの枚数情報などに基づいて、CPUにより行われる。

次いで、制御部4が移載コントローラ51を介してウエハ移載手段52を制御し、ウエハ移載手段52は図2に示したウエハカセットC内から製品ウエハWを取り出してウエハボート3に移載する。このとき、図6に示すように、ウエハボート3における製品ウエハW3の保持領域の中で反応容器に供給される処理ガスの流れの上流側（この例では上方側）から製品ウエハW3が詰めて移載される。そして、残りの製品ウエハW3の保持領域にダミーウエハW1が詰めて移載され、フルバッチ（満載）状態とされる。その後、ウエハボート3が反応容器内に搬入され、熱処理が行われて、酸化膜が製品ウエハW3に形成される。この熱処理においては、製品ウエハW3の枚数にかかわらず、記憶部に格納された前記の温度設定値が用いられる。また、温度以外の処理パラメータ例えば反応容器内の圧力、処理ガスの流量及び熱処理の時間などについては、ステップS6におけるベアウエハW2の熱処理時に用いたのと同じ値が用いられる。

この実施の形態によれば、後述の実施例からも分かるように、共通の処理条件でありながら、製品ウエハW3の枚数の違いに依存せず、製品ウエハW3に対して同じ成膜結果つまり酸化膜の膜厚が同等であるという結果が得られる。従って、製品ウエハWの枚数毎に処理条件を設定する場合に比べて、処理条件の設定作業が簡単である。また、製品ウエハW3の枚数が変わる度に処理条件を選択するといった必要もないので、オペレータの負担が軽い。また、処理条件の設定ミスも防止できる。

なお、本発明は、ローディング効果の生じ得る他の種類の熱処理においても適用可能である。例えば、酸化処理以外に、処理ガスとしてジクロロシラン（ $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ）とアンモニア（ $\text{NH}_3$ ）とを使用し、これに熱エネルギーを与えて分解させて、気相反応によりウエハ表面に例えば窒化珪素（ $\text{SiN}$ ）の薄膜を形成するような、化学蒸着法（CVD）による成膜を行う装置にも適用可能である。この場合、CVDに用いられる処理ガスの消費量は、ウエハの表面に形成されるパターンの溝の大小（表面積の大小）のみによって変化する。このため、第1のウエハとしては処理ガスの消費量が小さいウエハ、例えばパターンのない既述の

ダミーウエハ或いはベアウエハが用いられ、第2のウエハとしては処理ガスの消費量が大きいトレンチを有するウエハ、例えば製品ウエハと同様のパターンが形成されているウエハが用いられ得る。そして、このような第1及び第2の基板を用いて、既述の酸化処理のときと同様にして温度設定値の補正を行うことにより、製品ウエハ上に形成される薄膜の膜厚の面間均一性が向上され得る。

また以上において、加熱炉21内における処理ガスの供給方向（流れる方向）は、ウエハポート3の上方部から下向きに限定されるものではない。例えば、下方部に設けられた第1のガス供給管27c及び第2の供給管28cからも補助的に処理ガスが供給され得る。更には、排気管26の一端を反応管2の天井部に接続し、反応管24の下方部からのみ処理ガスの供給を行って、処理ガスの流れを上述実施の形態と逆向き（下方部から上向きに流れる）にしてもよい。

#### （実施例）

製品ウエハの保持領域における最大保持枚数が100枚であるウエハポートが用いられ、製品ウエハの保持領域の全てにダミーウエハが保持されて熱処理である酸化処理が行われた。なお、ウエハポートにおける製品ウエハの保持領域以外の領域、例えばウエハポートの上端側及び下端側、には例えばサイドダミーウエハなどと呼ばれているダミーウエハが保持された。熱処理条件については、熱処理雰囲気温度が1000℃、 $O_2$ ガス及び $H_2$ ガスの流量比が $O_2 : H_2 = 2 : 1$ とされた。ここで熱処理雰囲気温度とは、例えば製品ウエハ保持領域の上下方向の中央部の設定温度である。そして、ウエハポートにおける保持溝の10段目、50段目、80段目、110段目に夫々位置するモニタ用ウエハ（膜厚モニタ）の各膜厚が概ね目標膜厚に揃うように、反応容器の各ゾーンの温度設定値の合わせ込みが行われた。

温度設定値の合わせ込みのために行われた熱処理で形成された酸化膜の膜厚を調べたところ、図7の◆で表される結果が得られた。

次いで、ウエハポートにおける製品ウエハの保持領域にベアウエハが満載され、同様の処理条件で熱処理が行われ、同様にして酸化膜の膜厚を調べたところ、図7の◇で表わされる結果が得られた。

そして、各ゾーンにおいて熱処理により成膜される酸化膜の膜厚が製品基板の目標膜厚と◇で表わされる膜厚との差だけ厚くなるように、各ゾーンの温度設定値が既述のようにして補正された。即ち、ダミーウエハに対して形成される酸化膜について図7に△で示す膜厚プロファイルが得られるように、各ゾーンの温度設定値が補正された。

このように各ゾーンの温度が設定され、ベアウエハを製品ウエハに見立てて評価が行われた。即ち、ウエハボートの製品ウエハの保持領域にベアウエハ（ベアシリコンウエハ）が保持され、その保持枚数を種々変えながら、同様の処理条件で熱処理が行われ、各ベアウエハ上の酸化膜の膜厚が測定された。具体的には、ベアシリコンウエハの保持枚数が25枚、50枚、75枚及び100枚の4通りに設定された。いずれにおいても、製品ウエハの保持領域の上流側（この例では上方側）からベアシリコンウエハが詰めて保持された。この例では、ウエハボートの保持溝の上から10段目から、順次ベアシリコンウエハが配置された。また、残りの保持領域にはダミーウエハが搭載された。いずれの熱処理においても、ベアウエハの枚数以外は同じ処理条件であった。

膜厚の測定結果は図8に示すとおりである。なお白抜きのデータ（○、△、□）は、ダミーウエハの酸化膜の膜厚である。更に、ウエハ保持領域全てにダミーウエハを保持して熱処理を行った場合の膜厚についても、図8に太線で示す。

この結果からわかるように、ダミーウエハを保持した領域においては膜厚がばらついているが、ベアウエハを保持した領域においては膜厚の均一性が高い。従って、ローディング効果のあるウエハを熱処理するにあたって、既述の実施の形態のようにして各ゾーンの温度設定値を合わせ込むことにより、製品ウエハの枚数にかかわらず、共通の処理条件でありながら、ウエハ間で膜厚の均一性の高い処理を行うことができる。

#### （比較例）

ベアウエハによる温度設定値の合わせ込みを行わず、ダミーウエハでの合わせ込みのみを行った場合、つまり、図7の◆で表される結果が得られた状態で実施例と同様な試験を行ったところ、図9に示す結果が得られた。この結果から分か

るように、ベアウエハ上の酸化膜は、ローディング効果の影響を受けて、ベアウエハの処理枚数が多いほど、下方側位置にて膜厚が減少している。



## 請求の範囲

1. 複数の基板を基板保持具に保持する工程と、  
前記基板保持具を反応容器内に搬入する工程と、  
前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンを、複数の加熱手段によってそれぞれ加熱する工程と、  
前記反応容器内に処理ガスを導入して前記複数の基板の表面に薄膜を形成する工程と、  
を有する熱処理工程群を含む熱処理方法において、  
前記複数の基板として、薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板を用いて、前記熱処理工程群を実施する第1熱処理工程と、  
前記第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚を、前記反応容器内の熱処理雰囲気の複数のゾーン毎に測定する第1測定工程と、  
前記第1測定工程での測定結果に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する第1設定工程と、  
前記複数の基板として、薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第1の基板よりも多い複数の第2の基板を用いて、かつ、前記加熱手段の各々を前記第1設定工程で設定された各温度設定値として、前記熱処理工程群を実施する第2熱処理工程と、  
前記第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚を、前記反応容器内の熱処理雰囲気の複数のゾーン毎に測定する第2測定工程と、  
前記第2測定工程での測定結果に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する第2補正工程と、  
前記複数の基板として少なくとも複数の製品基板を用いて、かつ、前記加熱手段の各々を前記第2補正工程で補正された各温度設定値として、前記熱処理工程群を実施する第3熱処理工程と、

を備えたことを特徴とする熱処理方法。

2. 前記第1設定工程及び前記第2補正工程は、それぞれ、予め求めておいた温度設定値の変化量と薄膜の膜厚の変化量との関係に基づいて行われることを特徴とする請求項1に記載の熱処理方法。

3. 前記熱処理工程群において、前記処理ガスが活性化されて活性種が生成され、当該活性種によって基板の表面に酸化膜が形成されることを特徴とする請求項1または2に記載の熱処理方法。

4. 前記処理ガスは、水素ガス及び酸素ガスを含むことを特徴とする請求項3に記載の熱処理方法。

5. 前記第1の基板は、予め平均膜厚で50nm以上の酸化膜が形成されている基板であることを特徴とする請求項3または4に記載の熱処理方法。

6. 前記第2の基板は、ベアシリコン基板であることを特徴とする請求項3乃至5のいずれかに記載の熱処理方法。

7. 前記熱処理工程群において、化学蒸着法により基板の表面に薄膜が形成されることを特徴とする請求項1または2に記載の熱処理方法。

8. 前記第1の基板は、表面にパターンの形成されていない基板であり、前記第2の基板は、表面にパターンが形成されている基板であることを特徴とする請求項7に記載の熱処理方法。

9. 前記第1熱処理工程では、基板保持具における被処理基板の保持領域に

第1の基板が満載され、

前記第2熱処理工程では、基板保持具における被処理基板の保持領域に第2の基板が満載される

ことを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の熱処理方法。

10. 前記第3熱処理工程では、基板保持具における被処理基板の保持領域中、反応容器内に導入される処理ガスの流れの上流側の一部に製品基板が搭載され、下流側の残部には第1の基板が搭載される  
ことを特徴とする請求項9に記載の熱処理方法。

11. 前記第2熱処理工程と前記第3熱処理工程とは、反応容器内の圧力、処理ガスの流量及び熱処理時間が共通である  
ことを特徴とする請求項10に記載の熱処理方法。

12. 複数の基板を保持する基板保持具と、  
前記基板保持具が搬入される反応容器と、  
前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンをそれぞれ加熱する複数の加熱手段と、

熱処理により前記複数の基板の表面に薄膜を形成するための処理ガスを前記反応容器内に導入する処理ガス導入手段と、

薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板に対して熱処理を実施し、当該第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する温度設定部と、

温度設定部で設定された各温度設定値に従って薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第1の基板よりも多い複数の第2の基板に対して熱処理を実施し、当該第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値とな

るように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する温度補正部と、  
温度補正部で補正された各温度設定値に従って少なくとも複数の製品基板に対して熱処理を実施する製品基板熱処理部と、  
を備えたことを特徴とする熱処理装置。

13. 複数の第1の基板に対して熱処理が実施される際には、基板保持具における被処理基板の保持領域に第1の基板が満載され、  
複数の第2の基板に対して熱処理が実施される際には、基板保持具における被処理基板の保持領域に第2の基板が満載される  
ことを特徴とする請求項12に記載の熱処理装置。

14. 基板を基板保持部に移載するための基板移載手段  
を更に備え、

前記製品基板熱処理部は、少なくとも複数の製品基板に対して熱処理が実施される際において、基板保持具における被処理基板の保持領域中、反応容器内に導入される処理ガスの流れの上流側の一部に製品基板が搭載され、下流側の残部に第1の基板が搭載されるように、前記基板移載手段を制御するようになっていることを特徴とする請求項13に記載の熱処理装置。

15. 前記製品基板熱処理部は、製品基板の枚数を判別する判別部を有している  
ことを特徴とする請求項14に記載の熱処理装置。

16. 複数の基板を保持する基板保持具と、  
前記基板保持具が搬入される反応容器と、  
前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンをそれぞれ加熱する複数の加熱手段と、

前記反応容器内に処理ガスを導入して前記複数の基板の表面に薄膜を形成する処理ガス導入手段と、

を備えた熱処理装置のために利用される制御装置であって、

薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板に対して熱処理を実施し、当該第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する温度設定部と、

温度設定プログラムで設定された各温度設定値に従って薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第1の基板よりも多い複数の第2の基板に対して熱処理を実施し、当該第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する温度補正部と、

を備えたことを特徴とする制御装置。

17. 複数の基板を保持する基板保持具と、

前記基板保持具が搬入される反応容器と、

前記反応容器内の熱処理雰囲気複数のゾーンをそれぞれ加熱する複数の加熱手段と、

前記反応容器内に処理ガスを導入して前記複数の基板の表面に薄膜を形成する処理ガス導入手段と、

を備えた熱処理装置のために利用される制御プログラムであって、

薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が製品基板よりも少ない複数の第1の基板に対して行われた熱処理により当該第1の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を設定する温度設定プログラムと、

温度設定プログラムで設定された各温度設定値に従って薄膜が形成される際の処理ガスの消費量が前記第1の基板よりも多い複数の第2の基板に対して行われた熱処理により当該第2の基板の表面に形成された薄膜の膜厚に基づいて、複数

のゾーン毎に測定される前記膜厚の各々が製品基板に形成される薄膜の目標膜厚と略同じ値となるように、複数の加熱手段の各々の温度設定値を補正する温度補正プログラムと、  
を備えたことを特徴とする制御プログラム。

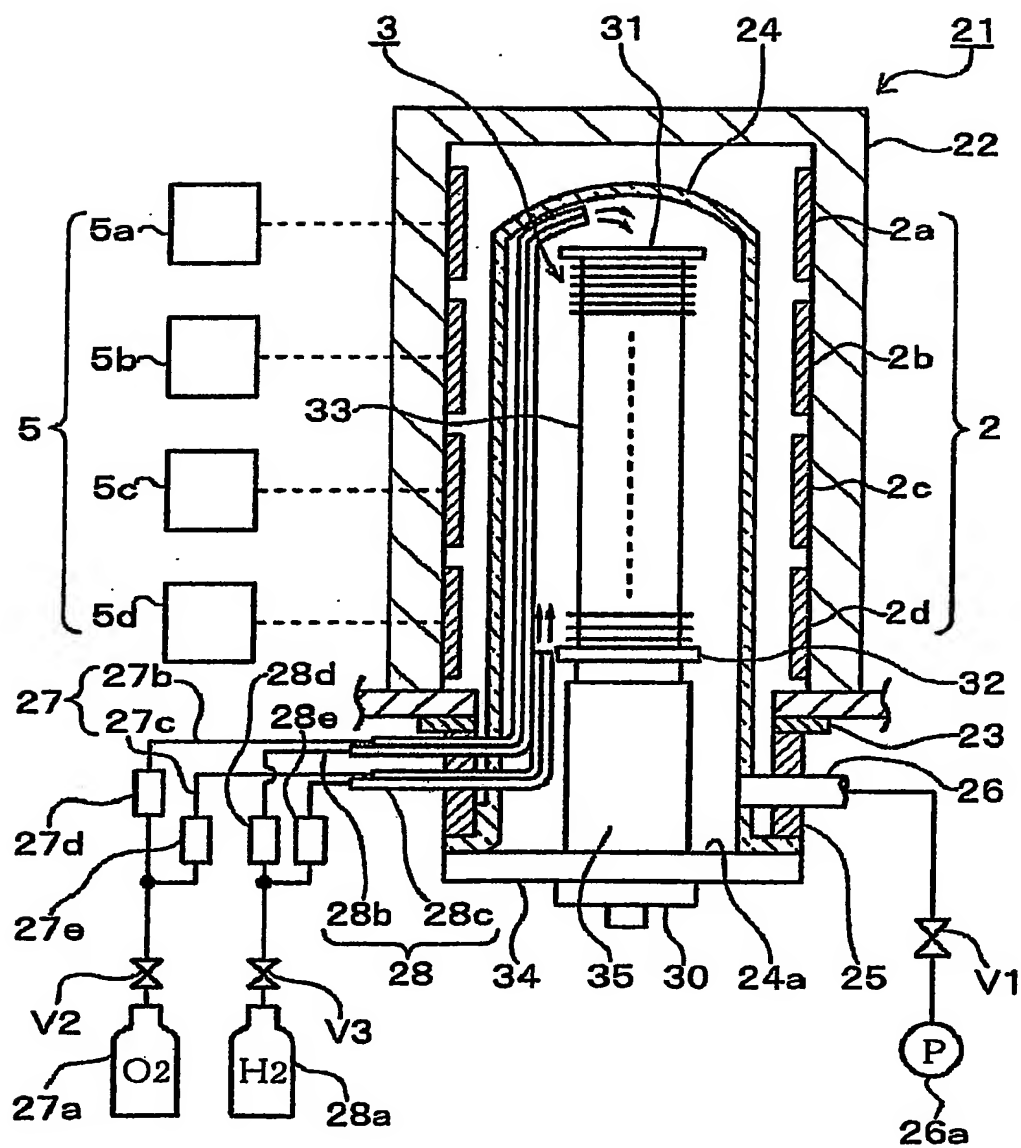
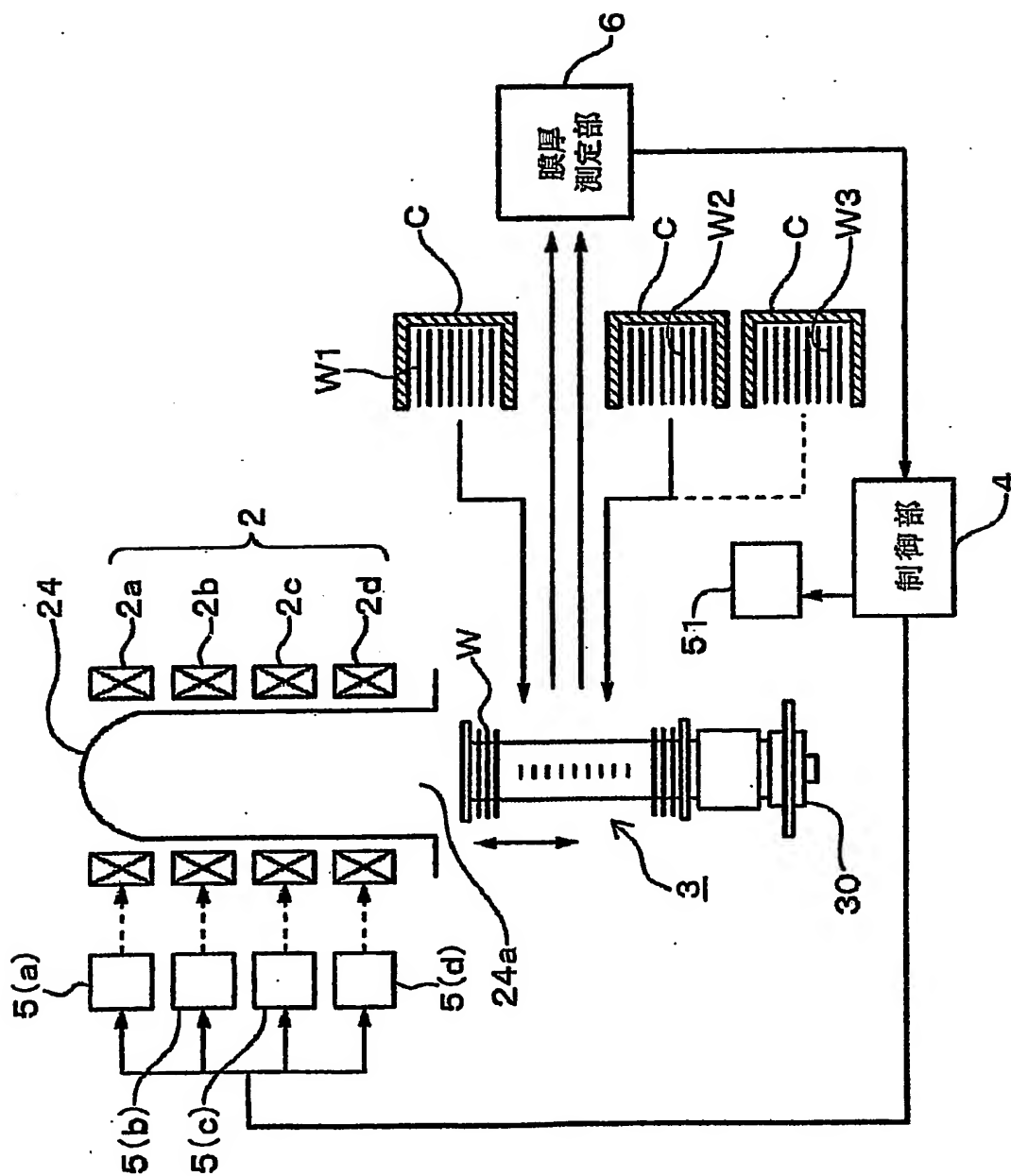


FIG. 1



**FIG. 2**



3/9

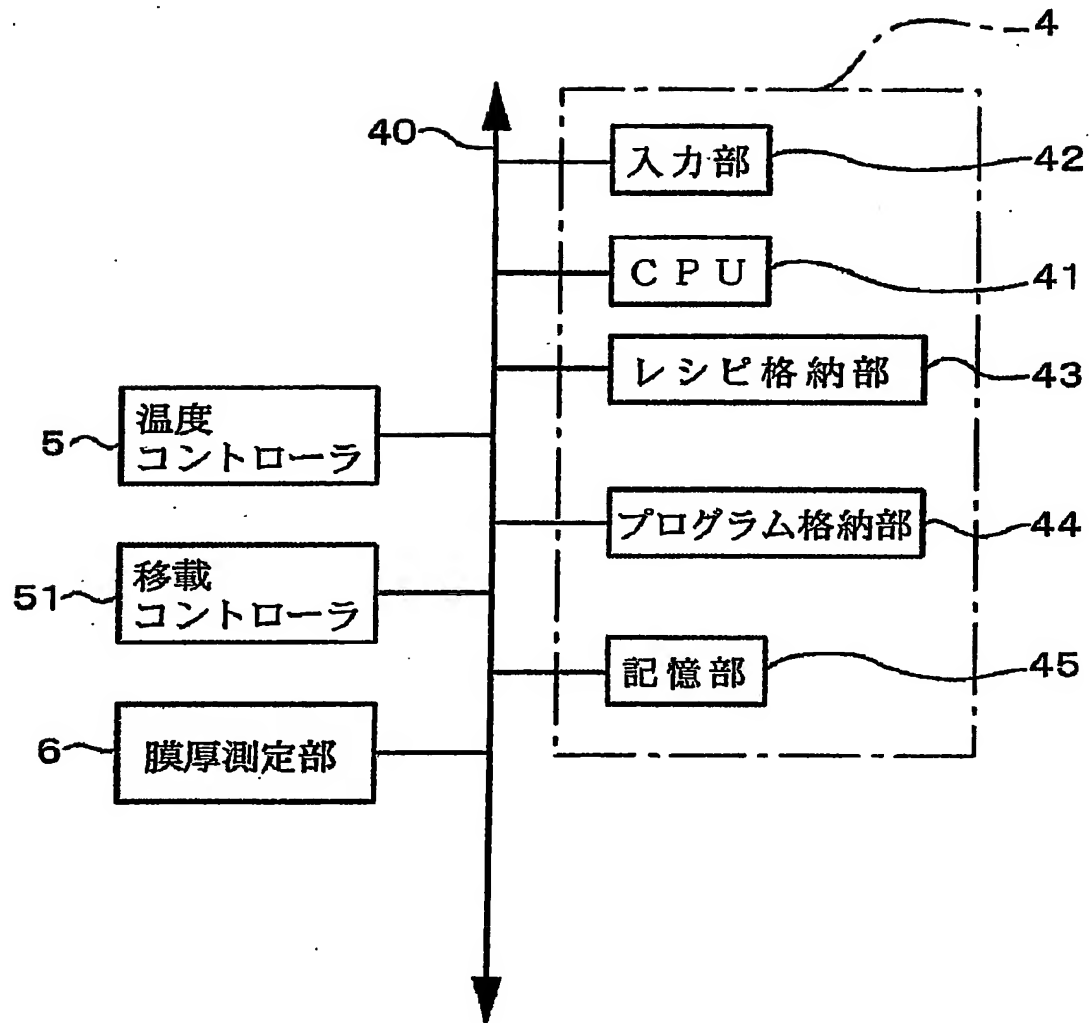


FIG. 3

4/9

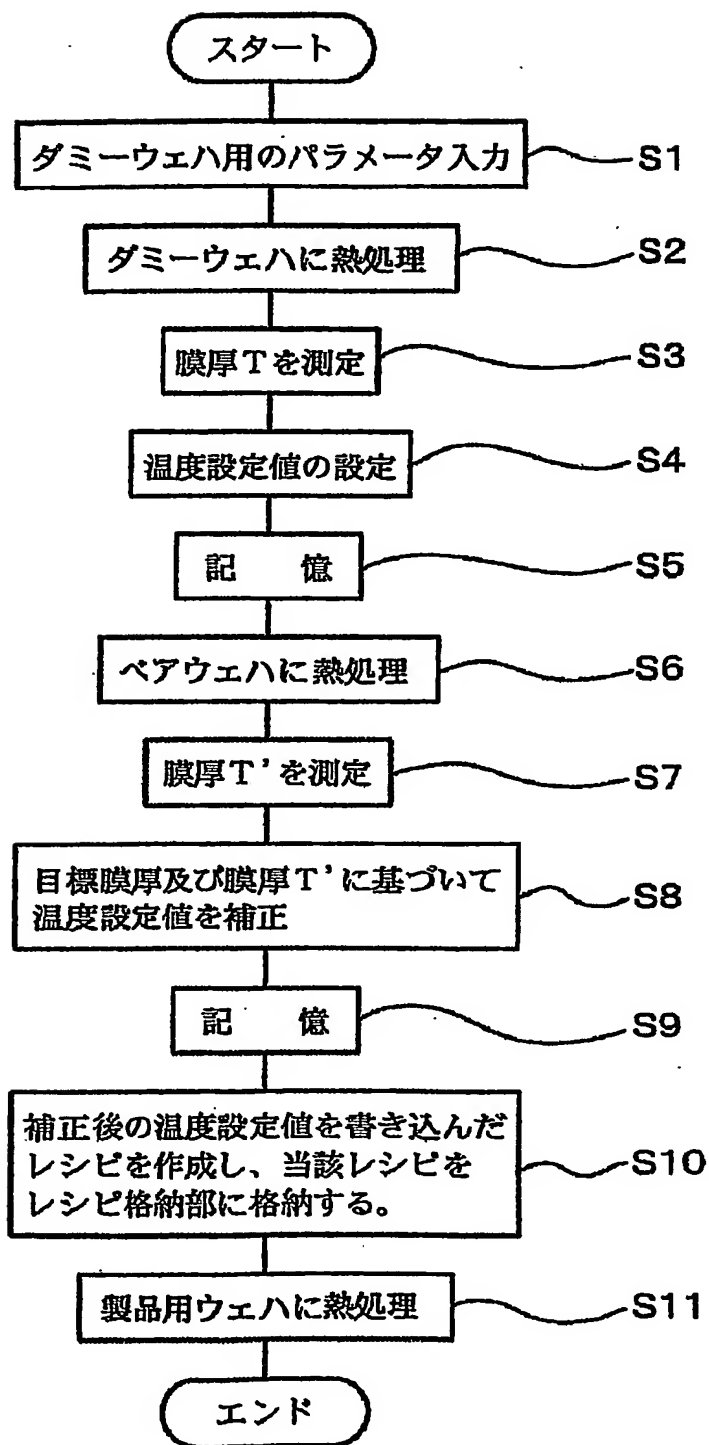


FIG. 4

5/9

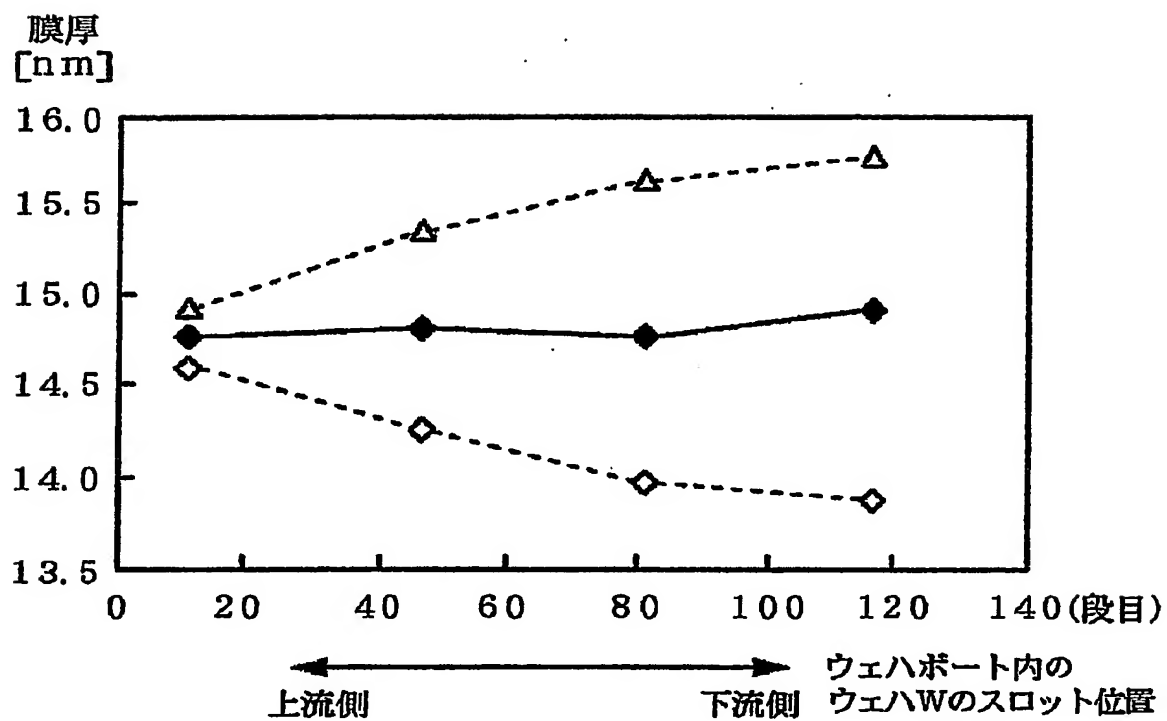


FIG. 5

6/9

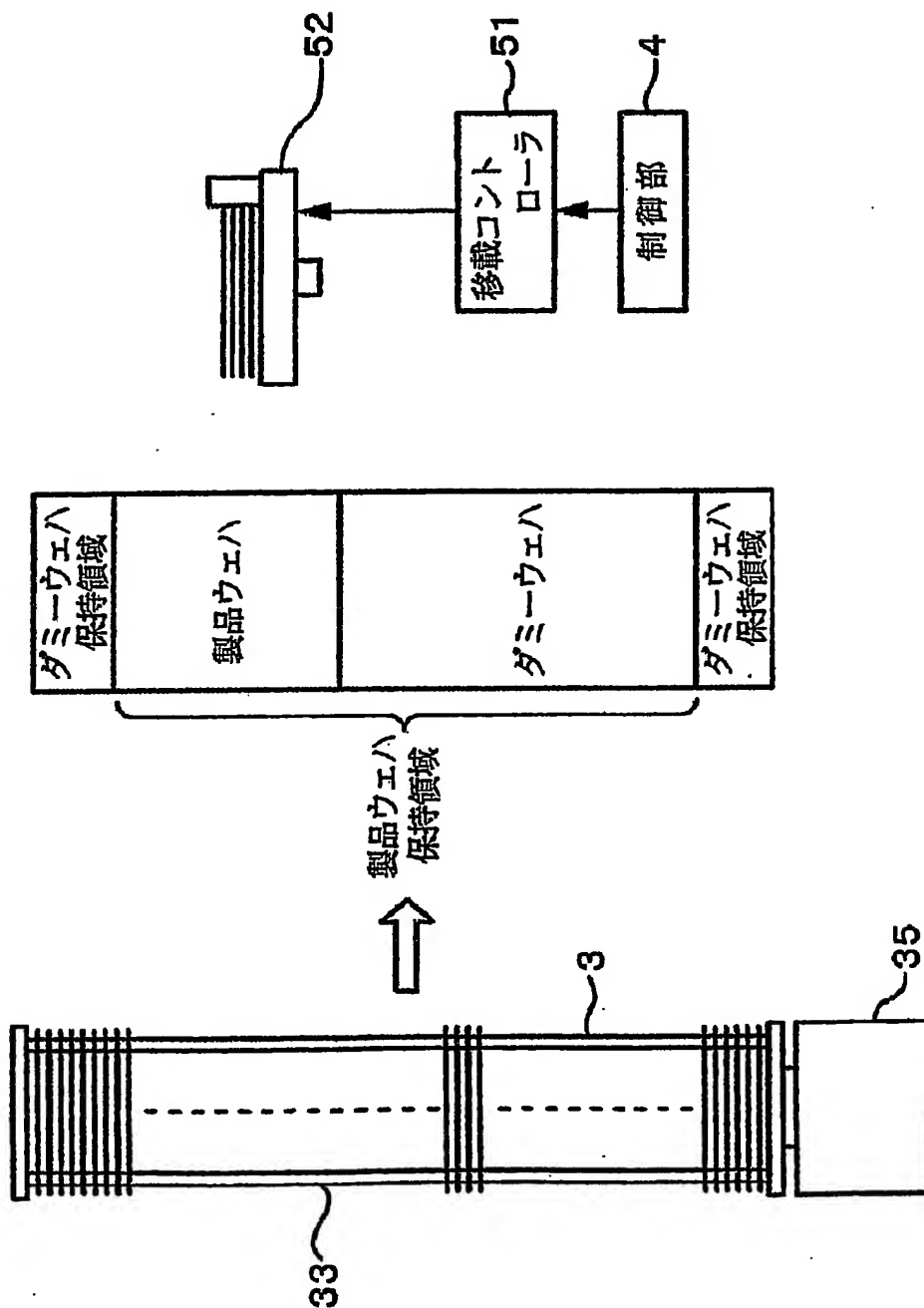


FIG. 6

7/9

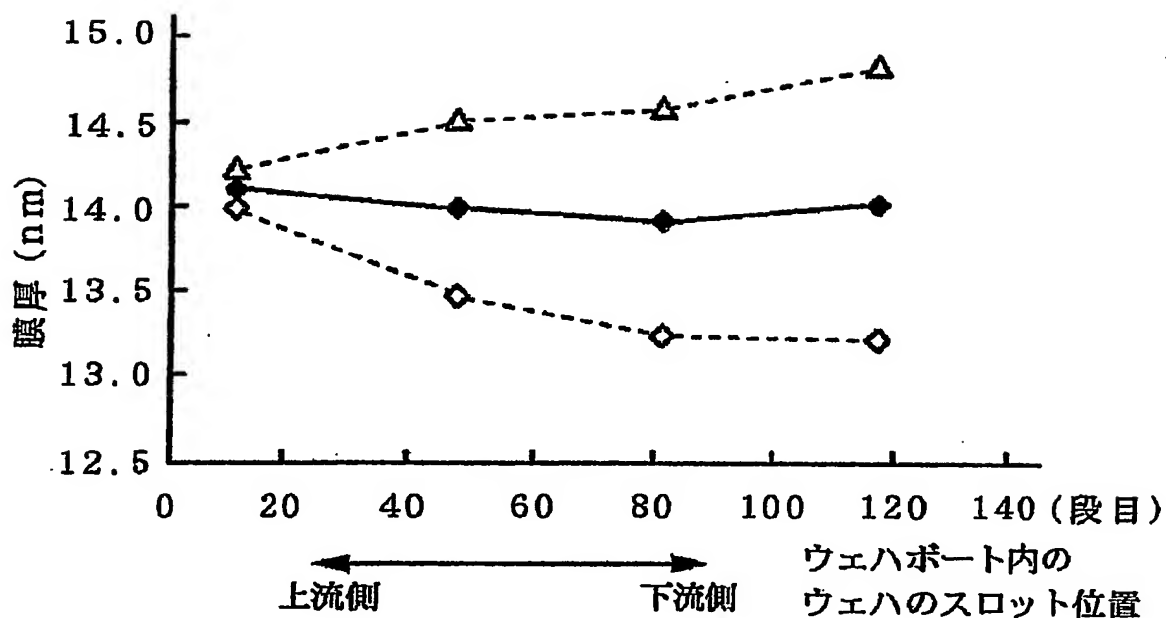


FIG. 7

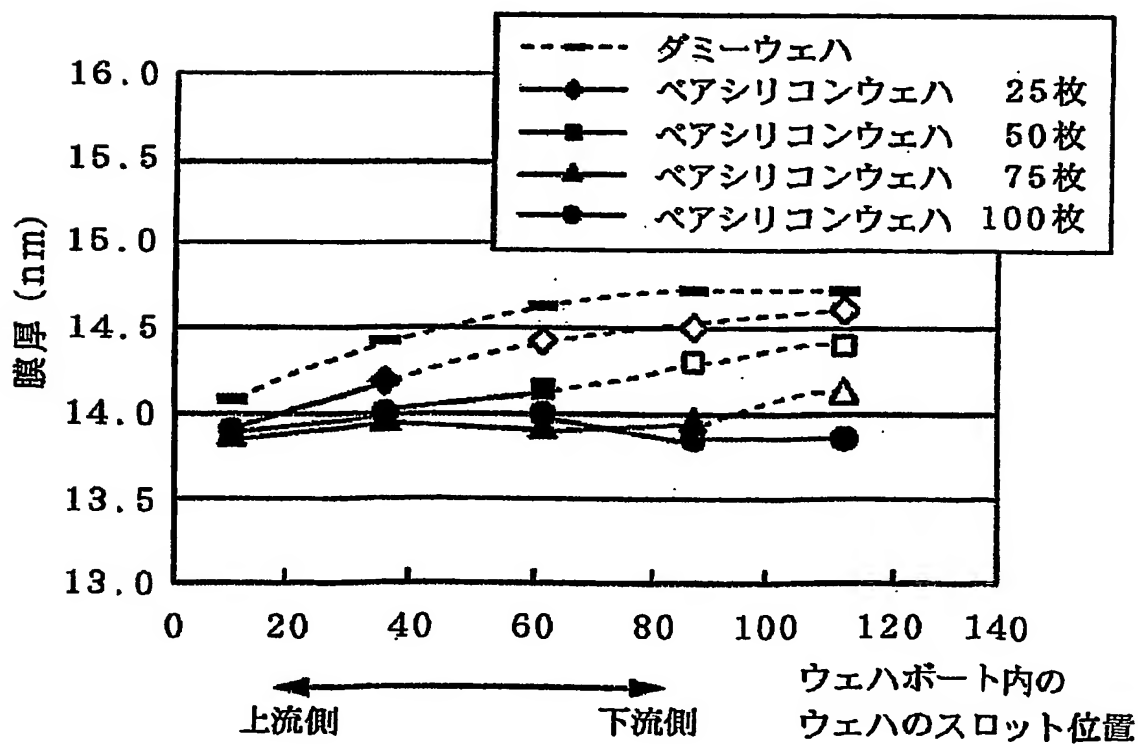


FIG. 8

8/9

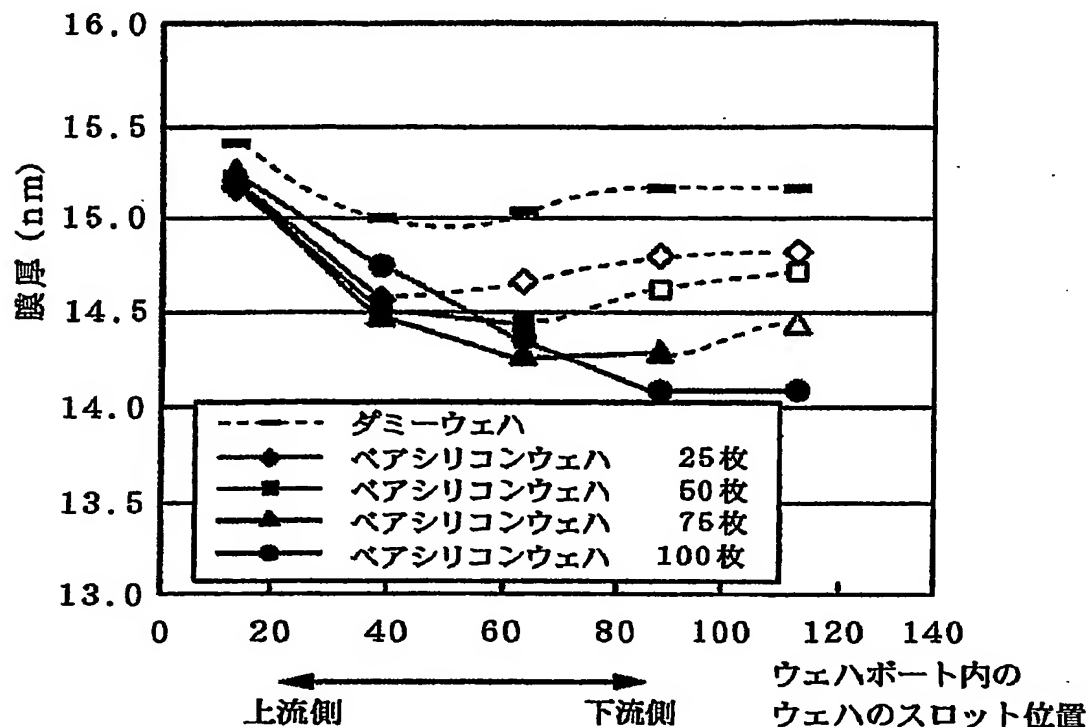


FIG. 9

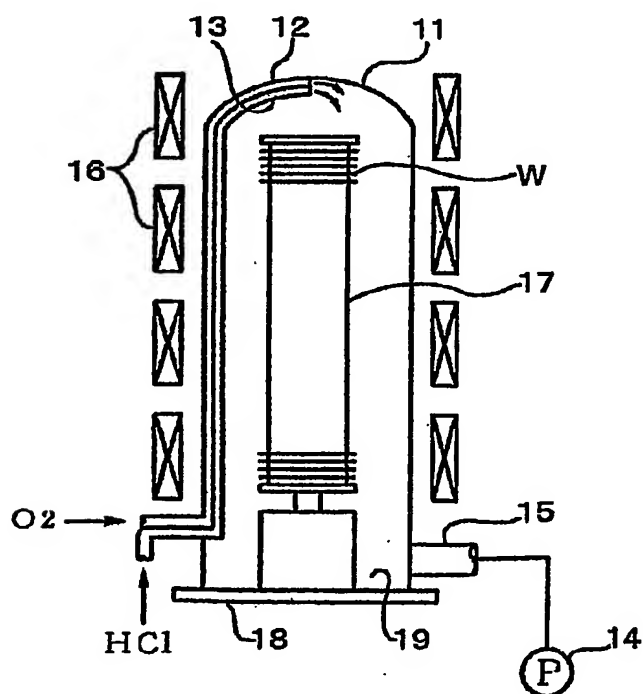


FIG. 10

9/9

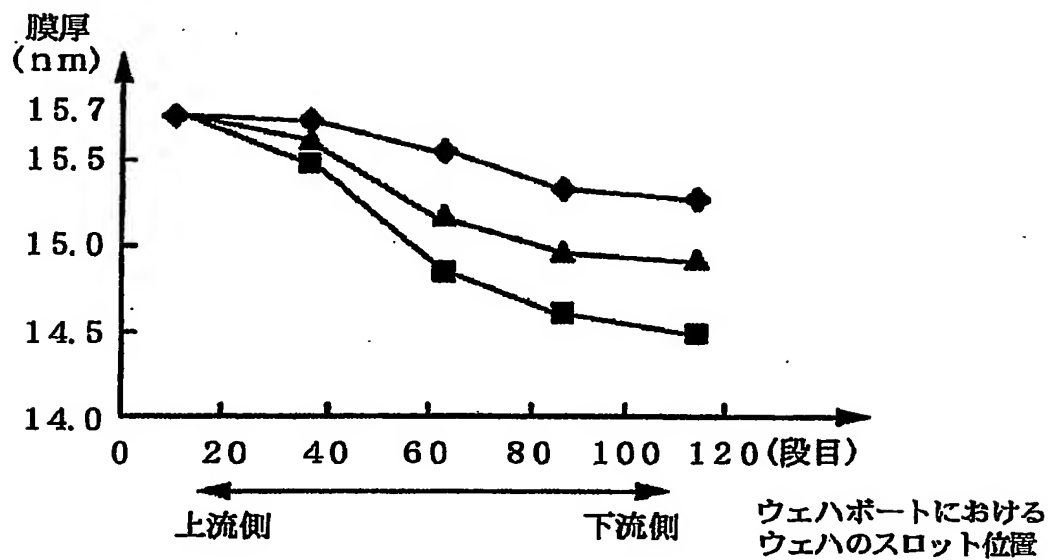


FIG. 11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10173

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/205, H01L21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/205, H01L21/31, H01L21/316

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-043300 A (Tokyo Electron Ltd.), 08 February, 2002 (08.02.02), Full text & EP 1320124 A1	1-17
A	US 2002/0014483 A1 (Fujio SUZUKI), 07 February, 2002 (07.02.02), Full text & JP 2002-025997 A	1-17
A	JP 2000-340554 A (Tokyo Electron Ltd.), 08 December, 2000 (08.12.00), Full text (Family: none)	1-17

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
10 November, 2003 (10.11.03)

Date of mailing of the international search report  
25 November, 2003 (25.11.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10173

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6211094 B1 (Samsung Electronics Co., Ltd.), 03 April, 2001 (03.04.01), Full text & JP 2000-091251 A	1-17
A	JP 2002-141347 A (Tokyo Electron Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Full text (Family: none)	1-17

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> H01L21/205, H01L21/31

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>1</sup> H01L21/205, H01L21/31, H01L21/316

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-043300 A (東京エレクトロン株式会社) 2002.02.08, 全文, & EP 1320124 A1	1-17
A	US 2002/0014483 A1 (Fujio Suzuki) 2002.02.07, 全文, & JP 2002-025997 A	1-17
A	JP 2000-340554 A (東京エレクトロン株式会社) 2000.12.08, 全文, (ファミリーなし)	1-17
A	US 6211094 B1 (Samsung Electronics Co., Ltd.) 2001.04.03, 全文 & JP 2000-091251 A	1-17
A	JP 2002-141347 A (東京エレクトロン株式会社) 2002.05.17, 全文, (ファミリーなし)	1-17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.11.03

国際調査報告の発送日

25.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

池淵 立



4R

8831

電話番号 03-3581-1101 内線 3469